EVOLUÇÃO ECOLÓGICA DA REGIÃO DE CABO FRIO, RJ: IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

Heloisa Helena Gomes COE [1]
Cacilda Nascimento de CARVALHO[2]
Igo Fernando LEPSCH[3]

RESUMO

Localizada na costa nordeste do estado do Rio de Janeiro, a região de Cabo Frio apresenta peculiaridades climáticas, geológicas e ecológicas que condicionam diversas formações vegetais, com muitas espécies endêmicas e raras, sendo esta uma das razões pelas quais foi escolhida pelo WWF/ IUCN como uma das 12 regiões brasileiras consideradas Centro de Diversidade Vegetal. Além do endemismo, a flora da região possui interessantes ligações fitogeográficas com outros biomas do Brasil e da América do Sul. A vegetação de Cabo Frio foi considerada por alguns autores como um "enclave" fitogeográfico, com fisionomias de "caatingas", rodeada por grandes contínuos de mata Atlântica. Acredita-se que, com as mudanças ambientais ocorridas na última glaciação, as caatingas se estenderam por grande parte do Brasil Tropical Atlântico, permanecendo, em alguns locais, desde então, como mini ou mesorredutos onde dominam cactáceas e bromeliáceas. Cabo Frio constitui-se no "único grande reduto de caatingas extra-sertanejo" do país. Apesar desta região já ter sido bastante estudada por botânicos, diversos autores sugerem que há grandes lacunas no conhecimento sobre a história de evolução da flora das restingas e de outras floras regionais brasileiras. Para tal, são necessários mais estudos paleoambientais, tentando traçar rotas de migração das espécies da flora de uma determinada região, já que uma grande parte das formas vegetais primárias do Brasil não podem ser explicadas, apenas, pelas atuais condições climáticas e edáficas. Nossa hipótese é que o ambiente ecológico da região de Cabo Frio permaneceu com características bioclimáticas semelhantes às das fases mais áridas do Quaternário, funcionando como um refúgio para a vegetação xerófila, fazendo com que o ecossistema assim isolado durante milhares de anos pudesse proporcionar o aparecimento de novas espécies (prováveis ecótipos vicariantes do ambiente nordestino). Acreditamos que o que permitiu à região a manutenção de tais características foi, acima de tudo, seu clima sui generis, onde a ressurgência desempenha papel fundamental.Nosso trabalho pretende caracterizar geoecologicamente a região de Cabo Frio, através de estudos climatológicos, geomorfológicos, pedológicos e da dinâmica costeira e da ressurgência da região, buscando similaridades com o entorno, a fim de identificar se a mesma é um enclave regional. Para tal, foi feita a identificação, através da comparação de listas florísticas, de algumas espécies que apresentam distribuição disjunta (presentes em Cabo Frio e em outras regiões semi-áridas), as quais servirão como marcadores para as interpretações. Com o propósito de buscar implicações paleoambientais da ecologia da região, serão amostrados paleossolos e espécies vegetais na região xerofítica de Cabo Frio e em adjacências mais úmidas, bem como em áreas de caatinga, visando obter materiais fontes de silicofitólitos, os quais servirão como microfósseis indicadores de paleovegetação. Em seguida, serão comparados os silicofitólitos encontrados na área xerofítica de Cabo Frio (solo atual e solo enterrado), com aqueles das áreas atualmente recobertas por mata úmida e por caatinga. As ferramentas disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica e em análise digital de imagens de sensoriamento remoto serão intensivamente usadas em todas as etapas do processo de obtenção dos dados e de interpretação e modelagem de resultados. A visão integrada da dinâmica e da estrutura da paisagem deverá ser obtida pela

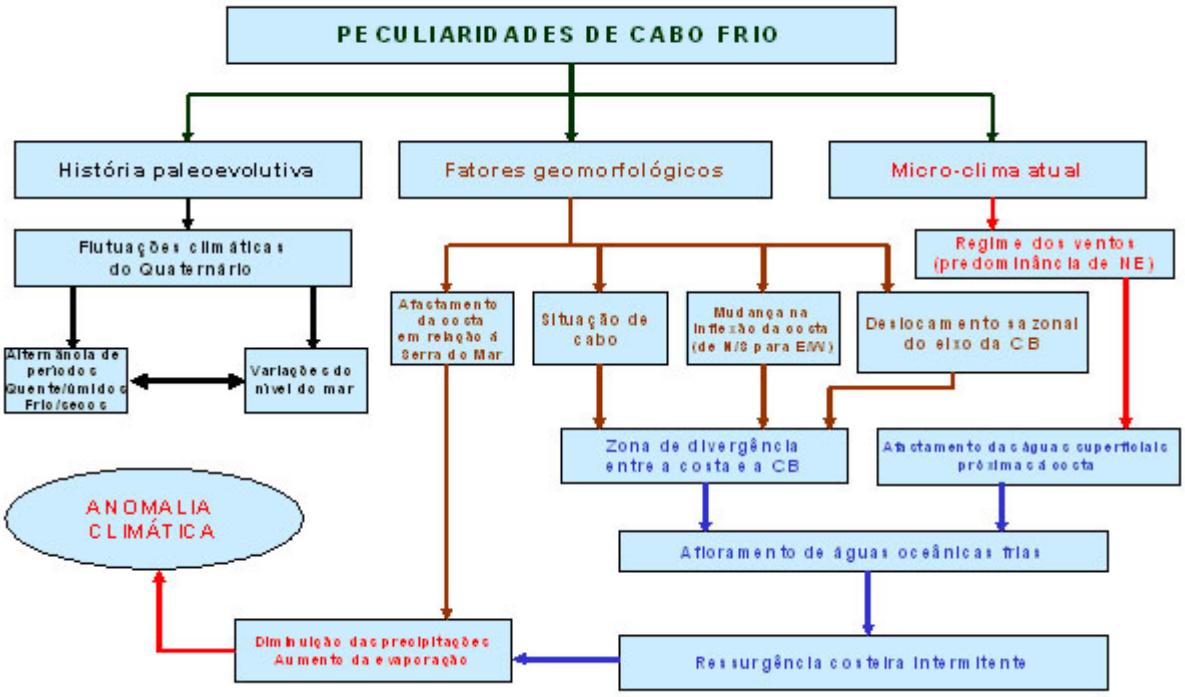
[1] Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Professor Assistente (Mestre), heloisacoe@yahoo.com
[2] Universidade Federal Fluminense, Professor Doutor, cacildanc@ ibest.com.br
[3] Universidade Federal Fluminense, Professor Doutor, igo@esalq.usp.br

análise multivariada e espacializada de técnicas de classificação e ordenação. Similaridades identificadas com outros ecossistemas semi-áridos atuais, após as análises anteriores, poderão ser expandidas, através de modelagem espacial. Esta etapa deverá resultar na proposição de rotas hipotéticas de migração das espécies-chave, representando a interpretação final sintetizada do trabalho.

INTRODUÇÃO

Localizada na costa nordeste do Estado do Rio de Janeiro, a região de Cabo Frio apresenta peculiaridades climáticas, geológicas e ecológicas que parecem condicionar a presença de formações vegetais diversas e grande quantidade de espécies endêmicas e raras, como já relatado em trabalhos anteriores (Araujo & Henriques, 1984; Leme, 1985 apud Farág, 1999; Lima & Lima, 1987; FEEMA, 1988; apud Farág, 1999; Araujo, 1997 e Araujo *et al.*, 1998). Além do endemismo, a flora da região tem sido estudada pelas suas ligações fitogeográficas com outros biomas do Brasil e da América do Sul.

Esta região apresenta um contraste pluviométrico em relação ao restante do Estado do Rio de Janeiro, que proporciona dois climas distintos a uma reduzida distância: um clima tropical úmido, dominando o estado, e um clima semi-árido em Cabo Frio. As razões que respondem pela existência desse enclave climático são múltiplas e complexas, destacando-se a flutuação climática ocorrida no Quaternário, que se observou no litoral leste (Ab'Saber, 1973) e as condições climáticas especiais da área. Estas peculiaridades climáticas têm sido explicadas por fatores como a grande distância da linha de costa até a Serra do Mar e a emergência de águas frias em uma costa dominada por correntes quentes (fenômeno da ressurgência), resultando na atenuação das precipitações e numa dinâmica climática diferenciada durante os meses de janeiro e fevereiro (Barbiére, 1975). Esta ressurgência é do tipo intermitente, intensificada pelos fortes ventos de nordeste, os quais são fortalecidos durante a primavera-verão. Um fator topográfico explica porque este fenômeno é mais intenso na região de Cabo Frio. Nesse ponto, a costa brasileira muda da direção norte-sul para leste-oeste, inflexão que provoca uma zona de divergência entre a costa e a Corrente do Brasil. (quadro 1)



Quadro 1: Peculiaridades da região de Cabo Frio

A condição climática mais seca da região de Cabo Frio determina um panorama peculiar em termos de cobertura vegetal do Rio de Janeiro, ou seja, suas formações vegetais fogem do aspecto exuberante que as Florestas de Encosta do Estado costumam apresentar. As matas da região enquadram-se perfeitamente na definição de floresta seca, proposta por Mooney *et al.*,1995 (apud Farág, 1999). Já foi também classificada como "uma disjunção fisionômico-ecológica da estepe nordestina" (Ururahy *et al.*, 1987). Foi considerada por alguns autores como um "enclave" fitogeográfico, com fisionomias de "caatingas", rodeada por grandes contínuos de mata Atlântica. Acredita-se que, com as mudanças ambientais ocorridas na última glaciação, as caatingas se estenderam por grande parte do Brasil Tropical Atlântico, permanecendo, em alguns locais, desde então, como mini ou meso-redutos onde dominam cactáceas e bromeliáceas. Esta região foi considerada como um testemunho paleoclimático do clima seco e frio do último Período do Quaternário, tendo sido postulado que a área de caatinga antes ocupava um espaço muito maior (Ab'Saber, 1977). (Fig. 1, 2 e 3).

Fig. 1: Mata xeromórfica – maciços litorâneos – Búzios

Fig. 2: Mata xeromórfica – maciços litorâneos – Arraial do Cabo

Fig.3: Mata José Gonçalves – Búzios – APA do Pau-Brasil .

A hipótese deste trabalho é que *a região de Cabo Frio é um relicto de vegetação xerófila que reflete um clima seco Pleistocênico, que atingiu grande parte da América do Sul.* Seus objetivos são de elucidar as questões: *Quando se deu a expansão deste clima seco Pleistocênico que permitiu a expansão de vegetação xerófila em grandes áreas da América do Sul? Quais as prováveis rotas de expansão desta vegetação xerófila? Por que existe um relicto apenas nesta região?*

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1- Localização

Para fins de uma adequada caracterização ambiental, optou-se pela delimitação climática e fisionômica em uma unidade geográfica-ambiental que inclui no conceito de Região de Cabo Frio os municípios de Arraial do Cabo, Búzios, Cabo Frio, Iguaba, São Pedro da Aldeia e Araruama. Possui uma área de aproximadamente 1.500 km^2 e está localizada entre as coordenadas 22°30' – 23°00' S e 41°52' – 42°42' W, com altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de. 500m.

2- Quadro geológico-geomorfológico

A região entre Macaé e Cabo Frio é extremamente variada em termos fisiográficos. Ocorrem faixas de pequenas restingas paralelas à linha de praia, restingas formadas por tômbolos, separadas por afloramentos gnáissicos e campos de dunas (fig. 4).

As lagoas nessa região, com poucas exceções, estão quase completamente colmatadas e transformadas em brejais. Ao sul do afloramento gnáissico de Búzios, aparecem os campos de dunas das praias do Peró e de Cabo Frio. Para o interior do continente, o limite dessas restingas são as planícies de inundação dos rios São João e Una e as colinas de idade terciária.

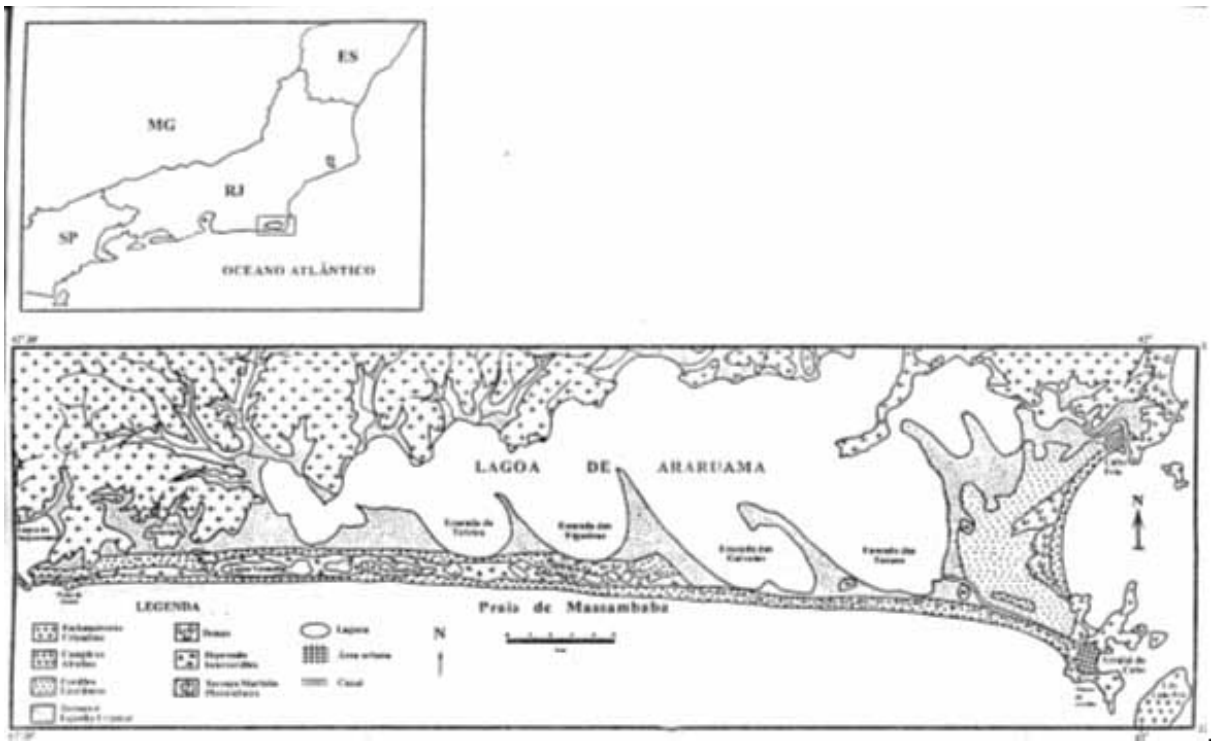


Fig. 4: Mapa geomorfológico da região de Cabo Frio (Fonte: Araujo, 2000).

O litoral entre Cabo Frio e a Baía de Guanabara é caracterizado pelas grandes lagoas de água salgada/salobra que foram isoladas do oceano por longos pontais distanciados do litoral. As planícies arenosas são, na sua maior parte, estreitas onde as mesmas separam as lagoas do mar, aumentando em largura onde os esporões se projetam para dentro da Lagoa de Araruama. Afloramentos gnáissicos separam esses trechos de restingas. Em alguns pontos ocorrem dunas, porém não chegam a formar os grandes campos de dunas característicos da região de Cabo Frio.

O litoral do Estado do Rio de Janeiro, entre Niterói e Cabo Frio, foi em grande parte modelado pelas variações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Estas variações desempenharam um papel essencial na evolução das planícies costeiras, principalmente sobre sua formação e funcionamento, bem como no controle do regime sedimentar das lagunas que aí se encontram. Estas são de 2 tipos: grandes lagunas (Araruama e Saquarema), com comunicação com o oceano, e pequenas lagunas (Vermelha e Brejo do Espinho), isoladas no meio de formações arenosas. Esta história se escreveu durante as duas últimas subidas do nível do mar, mais particularmente durante os 7.000 anos que foram marcados por importantes oscilações do nível médio marinho.

Segundo Ortega (1996), o substrato pré-quaternário é essencialmente constituído por rochas cristalinas de idade Pré-cambriana, o que explica que, em sua classificação do litoral brasileiro, Silveira (1964) tenha dado o nome de “Costa Cristalina” a este setor da costa. Durante o Cenozóico, o fracionamento tectônico do escudo pré-cambriano provocou a formação de uma sucessão de promontórios, podendo se prolongar pelo mar em uma série de ilhas. Estes promontórios dividem a planície costeira em uma série de unidades independentes, entre as quais Araruama e Saquarema. Os sedimentos terciários e quaternários são geralmente sílico-argilosos.

Em termos fisiográficos, na região de Cabo Frio predominam as planícies arenosas costeiras, depósitos aluviais, lagunas e morros baixos das penínsulas de Búzios e Cabo Frio. A região é limitada a oeste e ao norte pelas elevações do maciço costeiro Pré-cambriano.

A região de Cabo Frio é mais diversa geomorfologicamente que o litoral norte do Estado. Além da presença das 2 grandes lagoas (Araruama e Saquarema), ocorrem as dunas de Tucuns, Peró, das Conchas, de Cabo Frio / Arraial do Cabo e da extremidade leste de Massambaba e as áreas de restinga sem dunas, na extremidade oeste de Massambaba e Saquarema.

No litoral da região de Cabo Frio predominam as planícies e terraços marinhos, depósitos aluviais, lagunas e maciços costeiros das penínsulas de Armação dos Búzios e Cabo Frio. Mais afastada do oceano, encontra-se a topografia mais acidentada das serras de Sapiatiba e Mato Grosso. A extensa planície marinha de Massambaba separa a laguna de Araruama do mar, apresentando um sistema duplo de cordões arenosos, sobreposto por um campo de dunas, localizado na extremidade leste deste sistema, de orientação NE–SW e não raramente ultrapassando 20m de altura. A laguna de Araruama, com 200 km2 de superfície, é possivelmente a maior laguna hipersalina do mundo (Muehe, 1994). As planícies aluviais mais expressivas estão localizadas nas bacias dos rios Una e São João. Próximo à Serra das Emerências, maciço litorâneo com 180m de altitude situado entre as cidades de Armação dos Búzios e Cabo Frio, ocorrem depósitos arenosos de origem colúvio-aluvial do Pleistoceno Superior (Amador, apud Araujo, 2000).

Ortega (1996) afirma que as variações do nível do mar tiveram grande influência na construção da planície costeira, cuja história é marcada por uma sucessão de períodos de construção ligados às regressões, e de erosão ligados às transgressões, o que se traduz por depósitos descontínuos. Partindo das formações pré-cambrianas que limitam a planície costeira na direção do interior e indo até o oceano, encontram-se as seguintes unidades:
- depósitos continentais indiferenciados;
- um sistema lagunar interno com depósitos lagunares emersos;
- uma primeira faixa de depósitos arenosos (restinga interna);
- um sistema lagunar externo;
- uma segunda faixa de depósitos arenosos;
- a praia atual.

3- Quadro climático

A região de Cabo Frio possui um clima *sui generis* para o litoral sudeste brasileiro, com pluviosidade reduzida em relação às regiões contíguas. Farág (1999) considera que o clima é, sem dúvida, o agente físico mais importante para as comunidades vegetais da região de Cabo Frio, com uma pluviosidade média anual em torno de 854mm (contra 127mm em Niterói).

Segundo Barbiere (1975), esta individualização climática se deve à própria situação de cabo, ao afastamento da Serra do Mar da linha da costa, à presença de uma grande laguna (Araruama) e, ainda, à brusca mudança da direção da linha de costa (de oeste-leste para sul-norte) e à presença de águas frias, devido ao fenômeno da ressurgência. Neste trecho do litoral predominam os ventos de Nordeste o ano inteiro, embora com variação de intensidade. Barbiére (1975) classifica o clima desta região como uma variação do clima semi-árido quente (Bsh de Köppen). Duarte (1998, apud Araujo, 2000) demonstrou que esta região tem um período de estiagem de 5 meses.

Segundo Ortega (1996), as condições climáticas particulares do tipo semi-árido existentes na região de Cabo Frio, apesar de estar situada em uma zona de clima tropical úmido, fazem dela um local privilegiado para estudos. Com efeito, este micro-clima (de tipo semi-árido) está ligado à presença de uma ressurgência local intermitente. Conseqüentemente, as lagunas de Cabo Frio são hipersalinas. Atualmente, a intensidade da ressurgência é controlada pelo regime de ventos e varia sazonalmente, embora perturbações da atmosfera, como as provocadas pelos fortes eventos do “El Nino”, podem reforçar ou atenuar a intensidade da ressurgência.

Esta parte da costa brasileira, situada na zona tropical úmida, é caracterizada pela existência de 2 estações bem marcadas: uma estação estival úmida e uma invernal seca (Nimer, 1977). O verão é caracterizado pela predominância de ventos de direção NE, enquanto que o inverno é marcado por períodos descontínuos de ventos do S-SW, ligados à subida de "frentes frias". Em média, as precipitações variam de 1.200 a 1.400 mm/ano e a taxa de evaporação é de 700 mm/ano (Barbieri, 1986; Machado & Knoppers, 1998; Martin & Suguio, 1989; Kjerfve *et al.*, 1990). A temperatura média é ligeiramente superior a 23ºC e a insolação varia entre 200 e 220 horas/mês (Barbieri, 1984).

Neste conjunto tropical úmido, a região de Cabo Frio apresenta um micro-clima muito particular de tipo semi-árido, caracterizado por fracas precipitações (em média entre 600 a 700 mm/ano) e por uma taxa de evaporação compreendida entre 1.300 e 1.400 mm/ano (Barbieri, 1984; Höhn e*t al.*, 1986; Martin & Suguio, 1989), notadamente em período estival. Este micro-clima se explica pela presença de uma ressurgência local intermitente que perturba as precipitações de verão, diminuindo, portanto, o regime pluviométrico e provocando um aumento da salinidade das águas lagunares. Uma boa definição do micro-clima local de Cabo Frio é dada por Barroso (1987), que define esta zona como: "uma mancha seca encravada em um litoral sabidamente úmido".

4- Classificação da vegetação

Segundo Scarano (2002), o complexo da floresta pluvial Atlântica no Brasil é famoso por seu tipo dominante, a Floresta Pluvial Montana (Rizzini, 1979), um dos principais centros de biodiversidade do mundo, comportando, além de uma alta diversidade de espécies, um alto nível de endemismo.

Oliveira Filho e Fontes (2000) propuseram que a definição de Florestas Atlânticas deveria englobar Florestas Pluviais, Florestas Semidecíduas, Florestas de Araucária e enclaves de Florestas de Brejo. Scarano pensa que, particularmente no caso do RJ, elas deveriam ser tratadas como um mosaico compreendendo todos esses tipos de florestas e ainda as vegetações abertas vizinhas. Desde 1978, Rizzini observava que a vegetação Atlântica costeira devia ser vista como um complexo formado por diversas comunidades de plantas, incluindo as da periferia das florestas.

Scarano (2002) afirma que as comunidades periféricas estão sujeitas a condições ambientais mais extremas que as do interior das florestas pluviais. .Por conseguinte, a diversidade, produtividade e complexidade estrutural são menores nestas comunidades. Por exemplo, arbustos lenhosos e ervas suculentas, reunidos em tufos hemisféricos rodeados por areias brancas ou rochas graníticas, dominam as paisagens das planícies arenosas costeiras (Lacerda, Araujo & Maciel, 1993) e afloramentos rochosos (Meirelles, Mattos & Silva, 1997, apud Scarano, 2002), que separam a floresta montana do mar.

Segundo Oliveira Filho (2000), a diferenciação entre florestas ombrófilas e semidecíduas é floristicamente consistente e fortemente correlacionada com o regime de chuvas, embora as transições possam ser abruptas a graduais. Há uma diferenciação norte-sul tanto para florestas ombrófilas como semidecíduas, provavelmente causada por variações em temperatura e regime de chuvas. A flora das florestas também muda com a distância do oceano e o correspondente aumento da duração da estação seca.

Araujo (2000) afirma que a flora arbórea das florestas semidecíduas é, em boa medida, um subconjunto da flora das florestas ombrófilas, provavelmente extraindo espécies capazes de enfrentar uma estação seca mais prolongada. Há mais similaridade florística, no nível de espécies, entre florestas Atlânticas ombrófilas e semidecíduas do que entre qualquer destas e as florestas Amazônicas, ou mesmo os cerrados. No entanto, florestas semidecíduas e cerrados mostram laços florísticos mais fortes, particularmente nos níveis de gênero e família. Portanto, há pouco fundamento florístico para se pensar nas florestas ombrófilas Atlânticas como mais próximas de suas correspondentes Amazônicas do que suas vizinhas

semidecíduas. Oliveira Filho (2000) acredita que a abordagem mais correta para florestas ombrófilas e semidecíduas do SE brasileiro seja a de um contínuo de distribuição de espécies, sugerindo que a definição de florestas Atlânticas deva ser tão abrangente quanto a das florestas Amazônicas.

Em relação às planícies arenosas quaternárias, alguns autores separaram as matas de restinga dos outros tipos de vegetação, tratando-as juntamente com matas mais interioranas. Rizzini (1979), por exemplo, reconhece como ocorrendo nas caatingas a floresta paludosa litorânea (= mata inundada) e o thicket esclerófilo litorâneo (= mata seca). Veloso *et al.* (1991, apud Araujo, 2000) seguem o mesmo raciocínio, reconhecendo 2 tipos de florestas – a estacional semidecidual de terras baixas (= mata seca) e a ombrófila densa de terras baixas (= periódica a permanentemente inundada). Pode-se, portanto, concluir que a flora das restingas sempre foi considerada uma extensão da Mata Atlântica, inclusive para Rizzini (1979).

Hueck , 1972 (apud Araujo, 2000) reconheceu 2 trechos distintos da mata pluvial costeira do Brasil: o trecho norte se estende do rio Doce (ES) até o RN; o trecho sul tem seu limite setentrional na região serrana do Estado do RJ, ao norte e a leste de Nova Friburgo e, no litoral, na altura do município de Saquarema. Entre este limite e o rio Doce, segundo este autor, a mata pluvial costeira é interrompida por uma faixa seca**.** Esta descontinuidade também foi assinalada na classificação do Projeto RADAM (Veloso *et al.*, 1991) e as matas desta faixa denominadas Floresta Estacional Semidecidual.

Lima (2000) classifica a vegetação de Cabo Frio como com características estacionais, embora as formações locais tenham sido reconhecidas como Floresta Estacional Semidecidual, e Floresta Ombrófila Densa e Formação Pioneira com Influência Marinha (Ururahy *et al.,* 1983). Neste estudo, estas formações foram categorizadas como Floresta de Planície Não Inundada (FPN), Floresta Submontana (FSM).e Floresta de Planície sobre Depósito Marinho (FPM).

Romariz (1996) denomina Jundu o tipo de vegetação que recobre a parte posterior das dunas, apesar de vários autores utilizarem o termo restinga, por extensão do termo que designa uma das formas de terreno onde o jundu aparece. A autora prefere limitar a utilização desse último termo à formação geomorfológica, para evitar confusões. Geralmente denso e emaranhado, o jundu é constituído por indivíduos lenhosos que, quase sempre, não atingem porte elevado (em Cabo Frio raramente as árvores ultrapassam 5 m). Constitui-se por elementos das famílias das mirtáceas, lauráceas, euforbiáceas, melastomáceas, leguminosas, etc., além bromeliáceas e cactáceas. A autora afirma ainda que, para Alberto Löfgren, o jundu constitui o resultado dos esforços da floresta para chegar ao litoral mas que, sem conseguir seu objetivo, teve que sofrer grandes adaptações ao novo meio. A autora lembra que Wettstein e Ule também utilizam o termo jundu, tendo Ule realizado pesquisas em Cabo Frio, uma das áreas em que ele se apresenta sob uma de suas formas mais típicas.

5- Paleoambientes

Alguns autores propuseram diferentes rotas de expansão da vegetação xerófila no Brasil e na América do Sul durante o Quaternário. Araujo (2000) acredita que,.no Estado do Rio de Janeiro, quando houve o máximo da penúltima transgressão marinha, a flora das restingas teria sido comprimida nos terraços marinhos pleistocênicos, encostados na Formação Barreiras, em áreas isoladas, já que os terraços eram descontínuos. Provavelmente, parte desta flora ocupava os tabuleiros desta formação, como ocupa hoje. Com a regressão marinha (até 100m abaixo do nível atual), as espécies de restinga se expandiram sobre a larga planície costeira, acompanhando o recuo do mar. Esta nova terra exposta pelo recuo do mar teria oferecido uma oportunidade excelente de expansão, sem a competição com espécies já estabelecidas (Tallis, 1991, apud Araujo, 2000).Estas áreas da plataforma continental que ficaram acima do nível do mar durante o último máximo glacial funcionariam

como refúgios para a flora das restingas. A autora afirma que, no Estado, no máximo da última glaciação, a vegetação deve ter sido mais parecida com a de Cabo Frio hoje. Além das ligações com a flora das restingas do norte do estado, a distribuição disjunta de algumas espécies revela a possível chegada destas, oriundas das regiões para o sul, mais secas e frias naquela época.

Prado (1991) estudou alguns padrões de distribuição através das Américas do Sul e Central, que geraram especulações sobre a influência de flutuações climáticas seco/úmido no passado sobre as atuais disjunções das florestas estacionais no continente. Um desses casos é o "Arco de Formações Estacionais Pleistocênicas Residuais"; que compreende um importante grupo de vegetais lenhosos, denominados por ele florestas estacionais. Três concentrações de núcleos de distribuições foram identificados: (1) as caatingas do NE do Brasil, (2) o sistema hidrográfico Paraguai-Paraná no NE da Argentina, leste do Paraguai e SO do MS (núcleo das Missões) e (3) as florestas subandinas de piemonte do SO da Bolívia e NO da Argentina. Na hipótese deste autor, o primeiro núcleo é conectado com o segundo através de duas "rotas": as rotas do norte e do sul. A rota sul se estenderia, primeiramente, ao longo dos vales do São Francisco e Jequitinhonha, indo para o sul em uma larga faixa ao longo do rio das Velhas até a área de Belo Horizonte e no estado do RJ. A rota sul passaria, através dos estados de SP, PR e SC, principalmente via florestas do Planalto e da alta bacia do Uruguai, até encontrar o segundo núcleo de distribuição.

Este trabalho pretende analisar ambas as rotas propostas e se propõe a avançar na interpretação da evolução ecológica desta região tão peculiar do litoral brasileiro. Partindo dos trabalhos já realizados sobre a região e semelhantes (por exemplo, outras costas tropicais com ressurgência) e de hipóteses já levantadas, espera-se poder contribuir de alguma forma para a compreensão da evolução paleoambiental da região.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Este trabalho pretende caracterizar geoecologicamente a região de Cabo Frio, através de estudos climatológicos, geomorfológicos, pedológicos e da dinâmica costeira e da ressurgência da região, buscando similaridades com o entorno e com a caatinga nordestina, a fim de compreender a manutenção do relicto na região. Para tal, foi feita a identificação, através da comparação de listas florísticas, de algumas espécies que apresentam distribuição disjunta (presentes em Cabo Frio e em outras regiões semi-áridas), as quais servirão como marcadores para as interpretações.

Com o propósito de buscar implicações paleoambientais da ecologia da região, serão amostrados paleossolos e espécies vegetais na região xerofítica de Cabo Frio e em adjacências mais úmidas, bem como em áreas de caatinga, visando obter materiais fontes de silicofitólitos, os quais servirão como microfósseis indicadores de paleovegetação. Em seguida, serão comparados os silicofitólitos encontrados na área xerofítica de Cabo Frio (solo atual e solo enterrado), com aqueles das áreas atualmente recobertas por mata úmida e por caatinga. Serão realizadas datações de carvões e silicofitólitos encontrados nos paleossolos, tentando-se identificar desde quando as espécies disjuntas são encontradas na região.

As ferramentas disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica e em análise digital de imagens de sensoriamento remoto serão intensivamente usadas em todas as etapas do processo de obtenção dos dados e de interpretação e modelagem de resultados. A visão integrada da dinâmica e da estrutura da paisagem deverá ser obtida pela análise multivariada e espacializada de técnicas de classificação e ordenação. Similaridades

identificadas com outros ecossistemas semi-áridos atuais, após as análises anteriores, poderão ser expandidas, através de modelagem espacial. Esta etapa deverá resultar na proposição de rotas hipotéticas de migração das espécies-chave, representando a interpretação final sintetizada do trabalho.

RESULTADOS

1- A partir de uma matriz de espécies da flora de Cabo Frio, baseada em levantamentos pré-existentes da flora da região (trabalhos de Araújo, 1997, 1998, 2000, sobre a Restinga e Plantas Vasculares dos Morros Litorâneos e da Planície Não-marinha do Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio; de Farág, 1999, sobre a Mata de José Gonçalves, Búzios; de Lima, 2000, sobre as Leguminosas da Mata Atlântica e de Prado, 1991, sobre espécies lenhosas e suculentas na Caatinga e nas Florestas de Piemonte Subandino), foram identificadas algumas espécies que. exibem padrões de distribuição disjuntos entre Cabo Frio e a caatinga, as quais servirão como marcadores de rotas paleoambientais de dispersão desta vegetação (tabela 1 e figuras 5 e 6)

Espécie	Família	Ocorrência	Comunidades
Aechmea lamarchei Mez *	Bromeliaceae	restinga de Cabo Frio e Macaé / Nordeste (BA)	Floresta periodicamente inundada e floresta seca
Jacquinia brasiliensis	Theophastacea	restinga Cabo Frio e Macaé, morros de C. Frio	"Thicket" baixo
Adenocalymma comosum (Cham.) DC. **	Bigoniaceae	exclusiva da restinga e morros de Cabo Frio / Nordeste (BA)	
Couepia ovalifolia (Schott) Benth. **	Chrysobalanaceae	restinga de C. Frio, Maricá, Jacarepaguá, Marambaia /NE (BA, PE)	"Scrub" de Clusia, "Scrub" de Palmae
Croton migrans Casar *	Euphorbiaceae	restinga de Cabo Frio, Barra de São João, Jacarepaguá e morros de Cabo Frio /Nordeste (BA)	: "Scrub" de Ericaceae
Herreria salsaparilha	Herreriaceae	restingas de Cabo Frio, Jacarepaguá, Grumari / Nordeste	"Thicket" de Myrtaceae
Swartzia apetala	Papilionoidae	restingas de Cabo Frio e Maricá / Mata Atlântica da BA, SE e ES	"Thicket" de Myrtaceae
*Astronium graveolens***	Anacardeaceae	restingas de Cabo Frio e Maricá, planícies e morros de Cabo Frio e mata de Búzios	
Alseis involuta K. Schum**	Rubiaceae	restinga, planícies e morros de Cabo Frio e mata de Búzios	caatinga
*Bauhinia albicans**	Leg. Caesalpinae	planícies de Cabo Frio, mata de Búzios	caatinga
*Brunfelsia latifólia***	Solanaceae	restinga de Cabo Frio, Marica e Jacarepaguá /Nnordeste (BA)	
Caesalpinia ferrea Mart. ex Tul.*	Caesalpinaeceae	restinga, planícies e morros de Cabo Frio,	caatinga, agreste

		mata de Búzios / nativa do Nordeste do Brasil:	
*Lonchocarpus heterophyllus***	Rutaceae	restingas de cabo frio e Barra de S. João/ Nordeste	
Machaerium Albicans	Papilionoidae	morros e planícies de Cabo Frio / Nordeste	caatinga, agreste
*Opuntia brasiliensis**	Cactaceae	restingas do RJ/ mesmo gênero no Nordeste	
*Oxandra nítida***	Annonaceae	rstinga de Cabo Frio e S.J.da Barra, mata de Búzios, morros de Cabo Frio/ mesmo gênero no Nordeste	catinga, cerrado, mata de altitude
Pilosocereus ulei **	Cactaceae	mrros de Cabo Frio (endêmica)/ mesmo gênero no Nordeste	
Skytanthus hancorniaefolius (A.DC.) Miers.**	Apocynaceae	restinga, morros e planícies de Cabo Frio, mata de Búzios / Nordeste (BA, PE)	catinga

*fitólitos identificados a nível de gênero
**fitólitos identificados a nível de família

Tabela 1: Espécies pré-selecionadas por apresentar distribuição disjunta entre Cabo Frio e o restante do litoral brasileiro.

Fig. 5:*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.

Fig. 6: *Pilosocereus ulei*

2- No que se refere à caracterização climática da região, foram feitas análises estatísticas de similaridades entre os índices pluviométricos da região de Cabo Frio e seu entorno mais úmido, e entre a região e a caatinga. Foi observado que, pelo menos do ponto de vista das precipitações, Cabo Frio se assemelha mais à caatinga que a seu entorno, comprovando-se o "enclave" climático (figura 7 e gráficos 1, 2, 3 e 4)

Fig. 7: Mapa das isoietas da porção leste do litoral do Estado do Rio de Janeiro

O mapa acima (fig. 7) demonstra que as estações de Cabo Frio, Iguaba Grande e Saquarema registram precipitações anuais inferiores a 1.000mm, enquanto outras, não muito distantes, podem receber até mais de 2.500 mm anuais de chuva.

O gráfico 1 (curva de distribuição normal) demonstra que, se compararmos a região de Cabo Frio com seu entorno, a primeira se destaca completamente, ficando fora da normalidade. O mesmo não acontece se a comparamos com a caatinga (gráfico 2).

Se fizermos a análise através de "Box plot" (gráficos 3 e 4), verificamos que, com seu entorno, a região de Cabo Frio aparece como "outlier". Já com a caatinga, a região de Cabo Frio se enquadra perfeitamente nos valores médios.

Aplicando-se teste do tipo "z", os resultados também confirmam a situação de Cabo Frio mais similar à Caatinga que seu entorno.

COMPARAÇÃO IGUABA x CABO FRIO x ENTORNO

Estação	Precipitação	Evaporação	Insolação	Umidade Relativa
Iguaba	898 ± 298	1401 ± 134	2411 ± 148	77 ± 1,9
Entorno	1232 ± 113	____	____	___
Cabo Frio	771	932	2465	81

TESTE Z: $z = x - \mu / \sigma$

H0: Iguaba não tem diferença de precipitação para o entorno úmido
z= 898 – 1232 / 113 = 2, 96 p(z)= 0,0015 ou 1,5% *Rejeito H0*

H1: Cabo Frio não tem diferença de precipitação para Iguaba
Z= 771 – 898 / 298 = 0,43 p(z)= 0,3336 ou 33,36% *Não posso rejeitar H1*

COMPARAÇÃO CAATINGA X ENTORNO X CABO FRIO

Estação	Precipitação	Evaporação	Insolação	Umidade Relativa
Caatinga	801 ± 144	2157 ± 648	2557 ± 347	67 ± 7
Entorno	1232 ± 113	____	____	___
Cabo Frio	771	932	2465	81

TESTE Z: $z = x-\mu / \sigma$

H0: Cabo Frio não tem diferença de precipitação para o entorno úmido
Z= 771 – 1232 / 113 = 4,1 p(z)= << 5% ***Rejeito H0***

H1: Cabo Frio não tem diferença de precipitação para a Caatinga
Z= 771 – 801/ 144 = 0,208 p(z)= 0,188 ou 18,8% ***Não posso rejeitar H1***

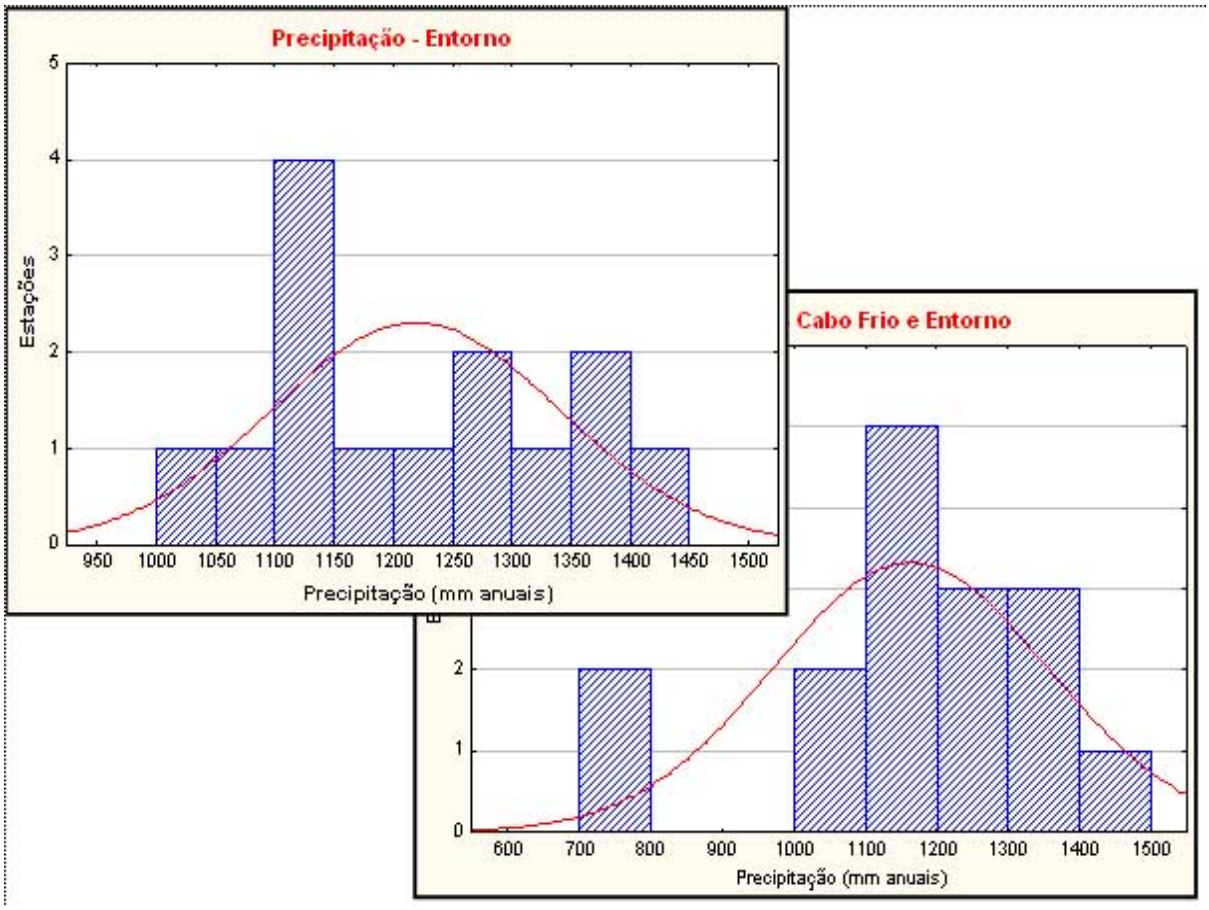


Gráfico 1: Curvas de distribuição normal do Entorno de Cabo Frio e do Entorno com Cabo Frio

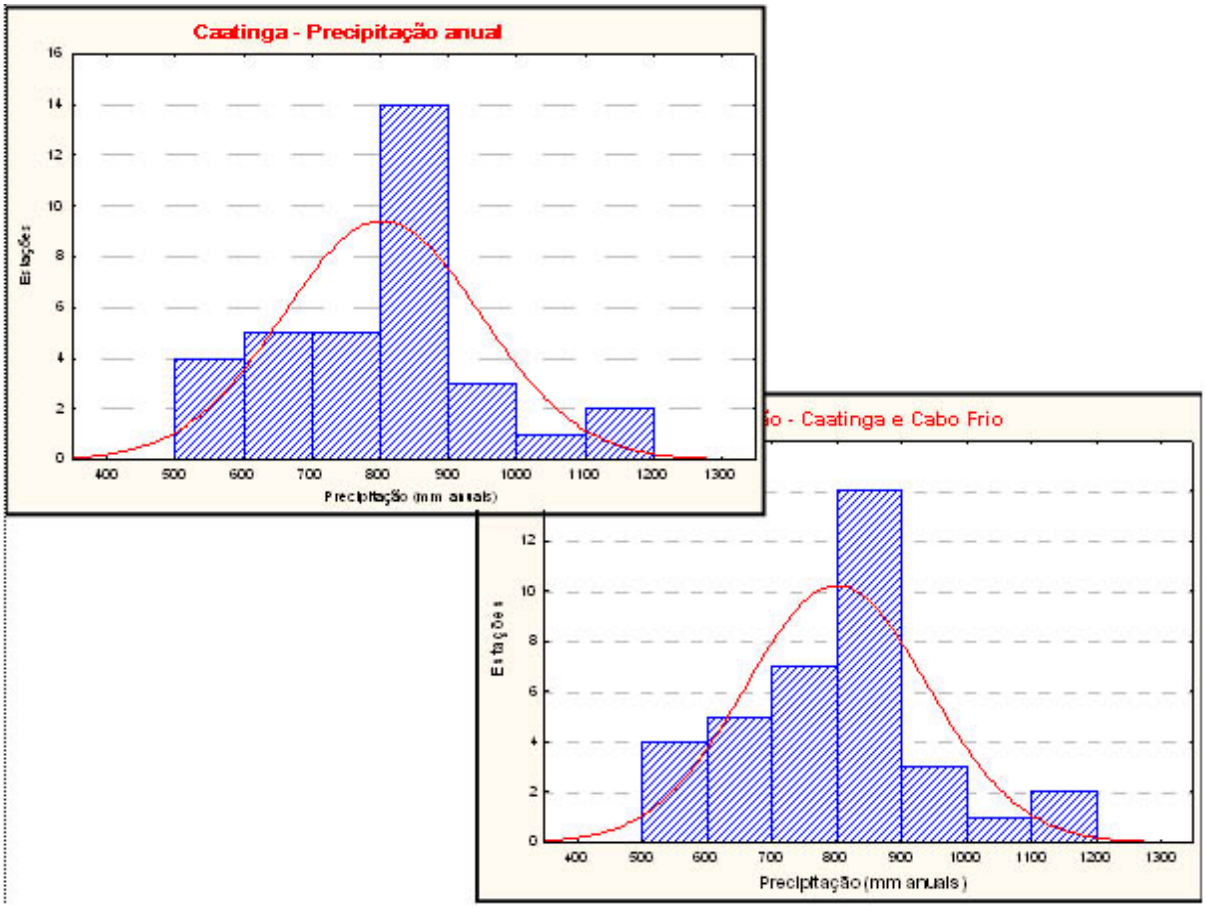


Gráfico 2: Curvas de distribuição normal da Caatinga e da Caatinga com Cabo Frio

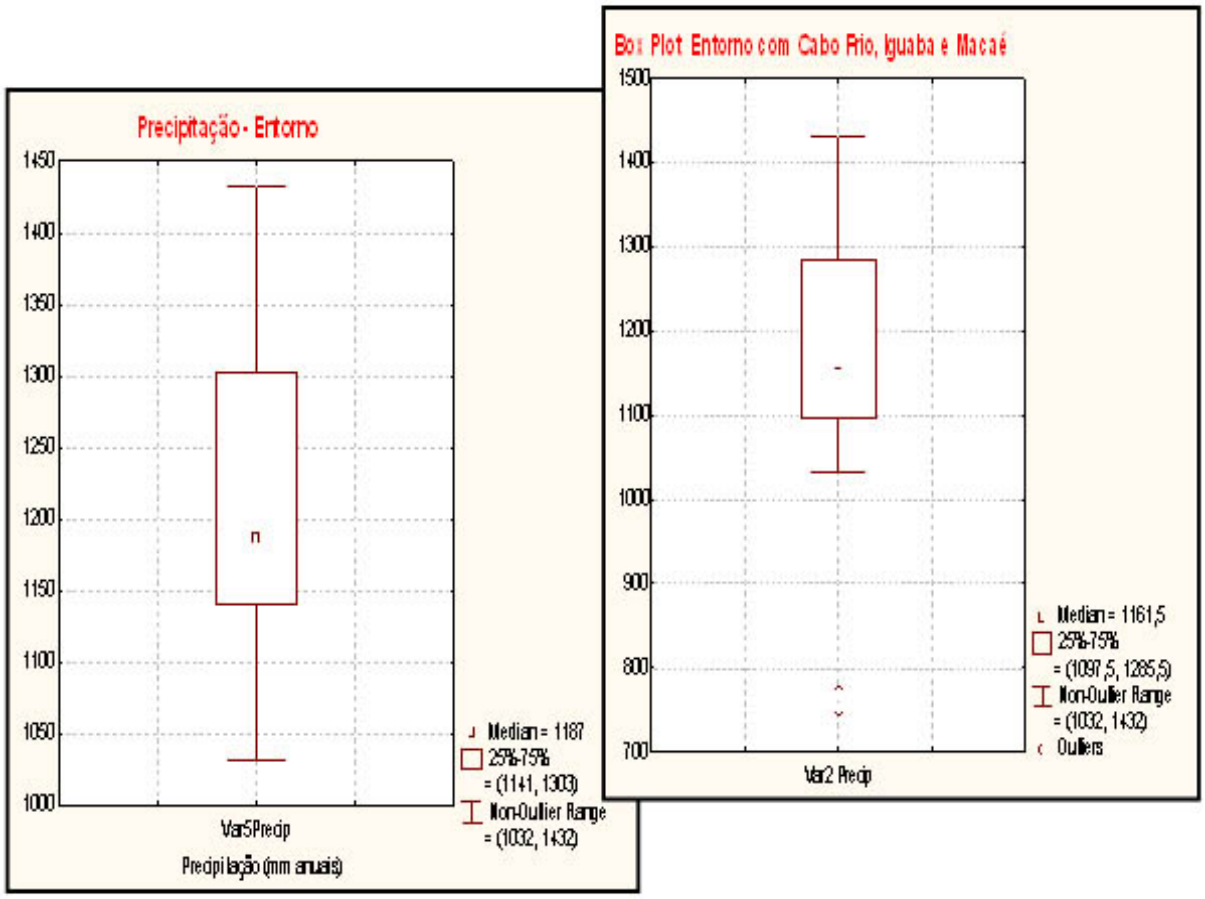


Gráfico 3: Box plot da precipitação do Entorno e do Entorno com Cabo Frio

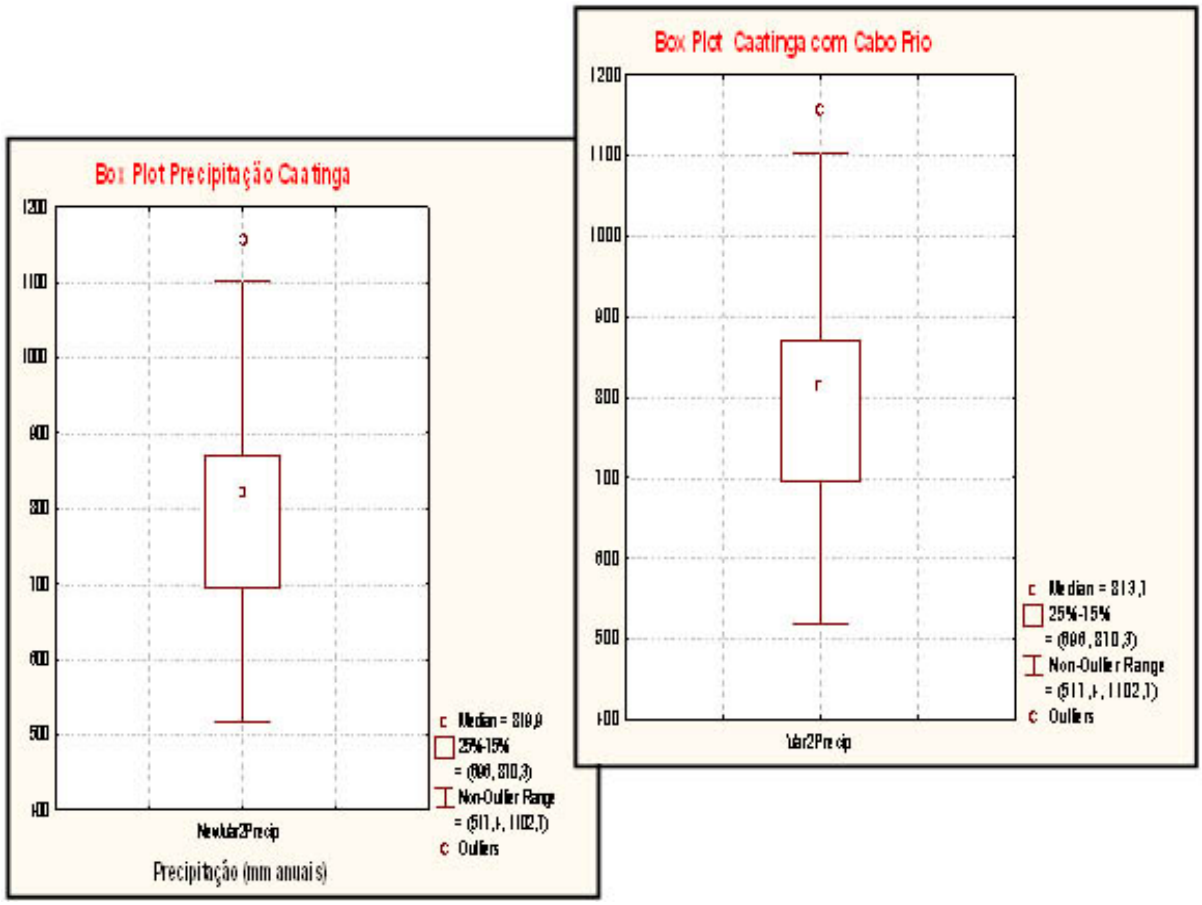


Gráfico 4: Box plot da precipitação da Caatinga e da Caatinga com Cabo Frio

3- Já foram também amostrados alguns horizontes de paleossolos da região (Serra da Sapietiba, S. Pedro da Aldeia), e uma turfeira (Arraial do Cabo) (fig. 7), onde já foram identificados silicofitólitos (fig. 8, 9), os quais servirão como proxies para nossos estudos.

Fig. 7: Turfeira – Arraial do Cabo

Fig. 8: Silicofitólitos Horizonte A1

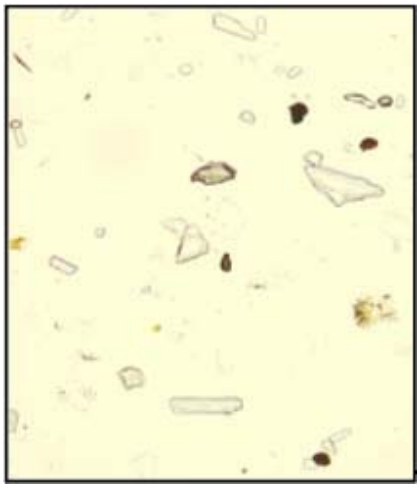


Fig. 9: Silicofitólitos Horizonte 2ABb

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. **Geomorfologia** 41: 1-39, 1973.

AB'SABER, A. N. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia** 52:1-39, 1974.

AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas** 3: 1-19, 1977.

AB'SABER, A. N. O mecanismo de desintegração das paisagens tropicais do Pleistoceno. **Inter Fácies** 4: 1-19, 1977.

AB'SABER, A. N. Redutos de cactáceas, jardins da natureza. **Scientific American** Brasil 19, 2003.

ARAUJO, D. S. D. Cabo Frio Region. Centres of Plant Diversity: a guide and strategy for their conservation: **The Americas** 3: 373-375, 1997.

ARAUJO, D. S. D., LIMA, H. C. *et al*. O centro de diversidade vegetal de Cabo Frio. Levantamento preliminar da flora. **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**: 147-157, 1998
ARAUJO, D. S. D. **Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro.** Tese de Doutorado em Ecologia UFRJ 176p**,** 2000.

BARBIÉRE, E. B. Ritmo climático e extração do sal em Cabo Frio. **Rev. Bras. Geografia** 37 (4): 23-109, 1975.

BARBIÉRE, E. B. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. **Restingas: origem, estrutura, processos**. CEUFF, Niterói, p.3-13, 1984.

BARBIÉRE, E. B. Distribuição de pluviosidade ao longo do trecho Niterói-Cabo Frio (RJ). **Ciência e cultura**, supl., 38 (7), p.766-767, 1986.

BARBIÉRE, E. B.; COE NETO, R. Os fatores condicionantes da pluviosidade na vertente atlântica da Serra do Mar no trecho Niterói-Maricá. **III Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, UFBa, Bahia, 4p., 1998.

BARBOSA, D.S. **Sedimentação Orgânica na Lagoa Brejo do Espinho (Cabo Frio,RJ): Composição e Implicações Paleoclimáticas.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 90 p., 2003.

BIGARELLA, J.J. & ANDRADE-LIMA, D., Paleoenvironmental changes in Brazil. In: PRANCE, G. T. (Ed.). **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia Univ. Press, p. 27-40, 1982.

FARÁG, P. R. C. **Estrutura do estrato arbóreo de mata litorânea semicaducifólia sobre solo arenoso no município de Búzios, RJ**. Dissertação de Mestrado em Botânica Museu Nacional UFRJ 87p, 1999.

LIMA, H. C. **Leguminosas arbóreas da Mata Atlântica. Uma análise da riqueza, padrões de distribuição geográfica e similaridades florísticas do Estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. em Ecologia UFRJ 151p, 2000.

MUEHE, D. Lagoa de Araruama: geomorfologia e sedimentação. **Cadernos Geociência**, IBGE, Rio de Janeiro, 10, p.53-62, 1994.

OLIVEIRA FILHO, A.T. & RATTER, J.A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, 52, p. 141-194 , 1995.

PRADO, D. E; **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America.** Tese de Doutorado Un. Saint Andrews 173p, 1991.

SCARANO, F.R., Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographic distribution to ecophysiological parameters. **Botanical Journal of the Linnean.Society**, 136, 2001.

SILVA, A. C. C. **Paleoceanografia da região de Cabo Frio-RJ: variabilidade da ressurgência com base nas associações de foramíferos**. Dissertação (Mestrado em Geociências - Geoquímica) - Universidade Federal Fluminense. Albuquerque, Ana Luiza S., Or.ª, 2003.

TASAYCO ORTEGA, L. **Variations paléohydrologiques et paléoclimatiques d'une région d'upwelling au cours de l'Holocene: enregistrement dans les lagunes cotières de Cabo Frio (État de RJ, Brésil)**.Thèse de Doctorat: Terre, Océan, Espace Paris 6. Direction: C. PIERRE, 1996.

URURAHY, J. C C. *et al.* **Vegetação**. RADAMBRASIL, Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Levantamento de Recursos Naturais 32: 553-623, 1983.

WHITMORE, T.C. & PRANCE, G.T. **Biogeography and Quaternary history in tropical America.** Oxford: Clarendon Press. 214 p, 1987.